



ESJ Natural/Life/Medical Sciences

Morphodynamique Hydrique dans le Bassin Versant de Ogo (Nord-est du Sénégal): Mesure du Ruissellement et de L'érosion sur les Terres Agricoles à partir de Parcelles D'expérimentation

Amadou Tidiane Dia
Abdoulaye Sougou
Léopold Mougouabie Badiane
Amadou Guéye

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi "Dynamique des Territoires et Développement", Département de Géographie, Saint-Louis, Sénégal

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n33p1](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p1)

Submitted: 16 September 2022

Accepted: 18 October 2022

Published: 31 October 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Dia A. T., Sougou A., Badiane L.M. & Guéye A. (2022). *Morphodynamique Hydrique dans le Bassin Versant de Ogo (Nord-est du Sénégal): Mesure du Ruissellement et de L'érosion sur les Terres Agricoles à partir de Parcelles D'expérimentation*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (33), 33. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p1>

Résumé

Le bassin versant de Ogo est touché par les aléas climatiques et fait face à des défis écologiques et environnementaux considérables (montée de la désertification). Les terres agricoles sont devenues de plus en plus fragiles du fait de l'érosion hydrique. Dans cet article, la morphodynamique hydrique est étudiée par des mesures de terrain à différents sites sur des parcelles d'expérimentation. Les mesures sur les parcelles d'érosion entre 2015 et 2017 ont montré une forte variabilité des taux de ruissellement et d'érosion entre les sites observés. Cette variabilité est liée à la pluviométrie et au type de sol. Les coefficients de ruissellement varient entre 0,8 et 0,25 sur les sites d'observation (Thiankone Hiraye, Mbélone et Danthiady). L'érosion sur les parcelles est estimée à 18,7 t/h en 2015, à 13,4 t/ha en 2016 et à 14,95 t/ha de pertes en terre en 2017.

Mots-clés: Morphodynamique hydrique, parcelles d'expérimentation, terres agricoles, bassin versant, Ogo

Water Morphodynamics in the Ogo Watershed (North-East Senegal): Measurement of Runoff and Erosion on Agricultural Land from Experimental Plots

Amadou Tidiane Dia
Abdoulaye Sougou
Léopold Mouguabie Badiane
Amadou Guéye

Université Gaston Berger, Laboratoire Leïdi “Dynamique des Territoires et Développement”, Département de Géographie, BSaint-Louis, Sénégal

Abstract

The Ogo watershed is affected by climatic hazards and faces considerable ecological and environmental challenges (increasing desertification). Agricultural land has become increasingly fragile due to water erosion. In this paper, water morphodynamics is studied by field measurements at different sites on experimental plots. Measurements on erosion plots between 2015 and 2017 showed a high variability of runoff and erosion rates between the observed sites. This variability is related to rainfall and soil type. The runoff coefficients vary between 0.8 and 0.25 on the observation sites (Thiankone Hiraye, Mbélone and Danthiady). Erosion on the plots is estimated at 18.7 t/h in 2015, 13.4 t/ha in 2016 and 14.95 t/ha of soil loss in 2017.

Keywords: Water morpho-dynamics, experimental plots, farmland, watershed, Ogo

1. Introduction

La morphodynamique hydrique est un processus au cours duquel des particules constitutives d'un sol sont détachées et déplacées par un vecteur (eau et travail du sol) (Poesen et Govers, 1994). Elle est dite naturelle ou géologique lorsqu'elle correspond plus ou moins à un état d'équilibre entre la formation (pédogenèse) et le transport des particules meubles. L'érosion naturelle a façonné la surface de la Terre au cours des âges géologiques (White, 1986). Selon Girard et *al.*, (2005), l'érosion hydrique un phénomène de déplacement du matériau à la surface du sol sous l'action de l'eau (Girard et *al.*, 2005). La morphodynamique hydrique étudiée ici est le ruissellement et l'érosion.

Les transformations notées sur les terres agricoles du bassin versant de Ogo sont la source d'un déséquilibre écologique qui favorise l'augmentation

et l'efficacité des phénomènes de ruissellement et d'érosion. Ces derniers y agissent librement. Sur les horizons superficiels, le ruissellement et l'érosion sont accélérés. Les terres agricoles du bassin versant de Ogo, faute de couverture végétale sont très vite prises en charge par les agents de l'érosion, en particulier par l'eau de pluie. Avec cet état (structure très meuble et un taux d'humus faible), les terres agricoles du *Dièri*¹ sont soumises à l'action de l'eau qui entraîne leur érosion et affectent sévèrement leurs parties superficielles, car les particules sont en effet constituées d'éléments libres, où la cohésion est quasi nulle à sec du fait d'une texture très poreuse (sable), qui facilite leur déformation et leur mobilisation.

Le bassin versant de Ogo se trouve dans le grand ensemble éco-géographique du Sahel sénégalais, particulièrement dans la Moyenne vallée du fleuve Sénégal (Nord du Sénégal), (Fig. 1). Le bassin versant de Ogo se localise dans la Commune de Ogo dans la région de Matam. C'est un bassin versant qui a une superficie de 514 km² et un périmètre de 165 km. Il est limité, au nord par les Communes de Ourosogui, au Nord-est par la Commune de Matam et la République Islamique de Mauritanie, au Sud-est et à l'est par la Commune de Ouro Sidy, à l'Ouest par la partie du Ferlo la Commune de Ogo. Elle est traversée par la Route Nationale 2 et la Route Nationale 3.

Les formes et le fonctionnement hydrologique des bassins versants sont étroitement liés aux conditions physiographiques. Le réseau hydrographique du bassin versant de Ourosogui est à écoulement temporaire : il n'abrite de l'eau qu'à la suite d'une impulsion pluviométrique. L'organisation hydrographique du bassin versant de Ogo est marquée par un axe principal et beaucoup d'axes qui lui sont sous-jacent d'une longueur de 148 km. Il prend sa source dans le Ferlo et traverse d'ouest en est tout le bassin versant de Ogo. Dans les parties Hautes (*Diéri*) apparaît une densification du réseau avec beaucoup de ravins sous-jacent à l'axe principal.

Le sens de l'écoulement dans le bassin versant est en parfaite corrélation avec l'évolution de la pente du terrain. L'évolution des ravins est rapide, sous l'effet de la pente. Les altitudes descendent progressivement de l'amont vers l'aval (carte 5). La densité moyenne du réseau hydrographique épouse des linéaments bien marqués. Tous les axes d'écoulement débutent à l'amont par une forme en hémicycle très caractéristique, où se développent des cirques d'érosion.

¹Correspondant au secteur non submergé par les crues du fleuve Sénégal

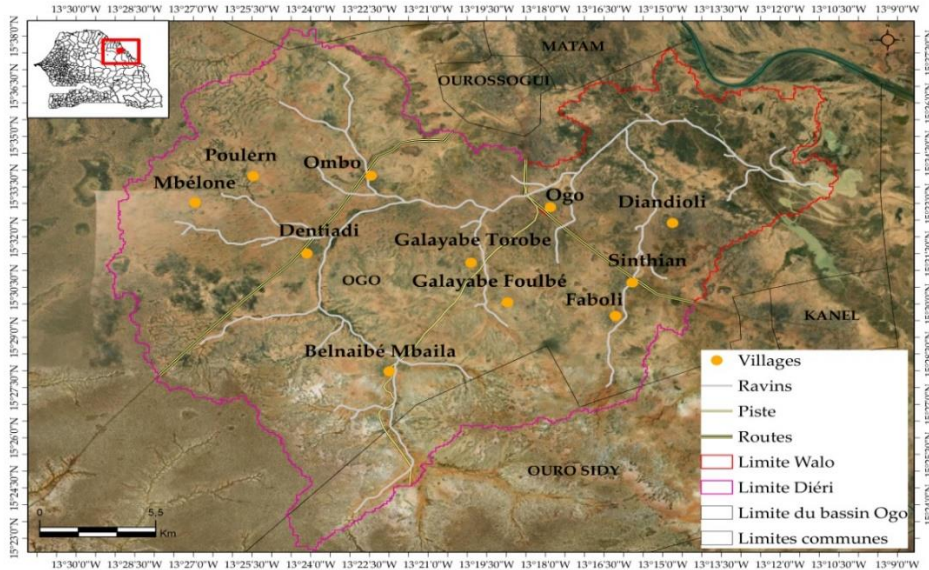


Figure 1. Croquis de localisation du bassin versant de Ogo

L'objectif de cet article est d'étudier la morphodynamique hydrique à travers la mesure du ruissellement et de l'érosion à partir de parcelles d'expérimentation.

2. Matériel et méthodes

Les flux hydriques et sédimentaires sur la surface des terres sont mesurés grâce à des parcelles expérimentales d'érosion d'une surface de 150 m² (de longueur 15 m et de largeur 10 m).

Le ruissellement est, en effet, régi par les caractéristiques des précipitations et contrôlé surtout par l'état de surface. Le ruissellement et l'érosion sur les parcelles sont quantifiables à l'échelle d'une averse, pourvu qu'elle soit d'une hauteur ou d'une intensité suffisante pour générer du ruissellement. Ces mécanismes de mesure sont installés sur les terres du *Diéri* où le phénomène de décapage des terres agricoles est plus intense (Fig. 2).

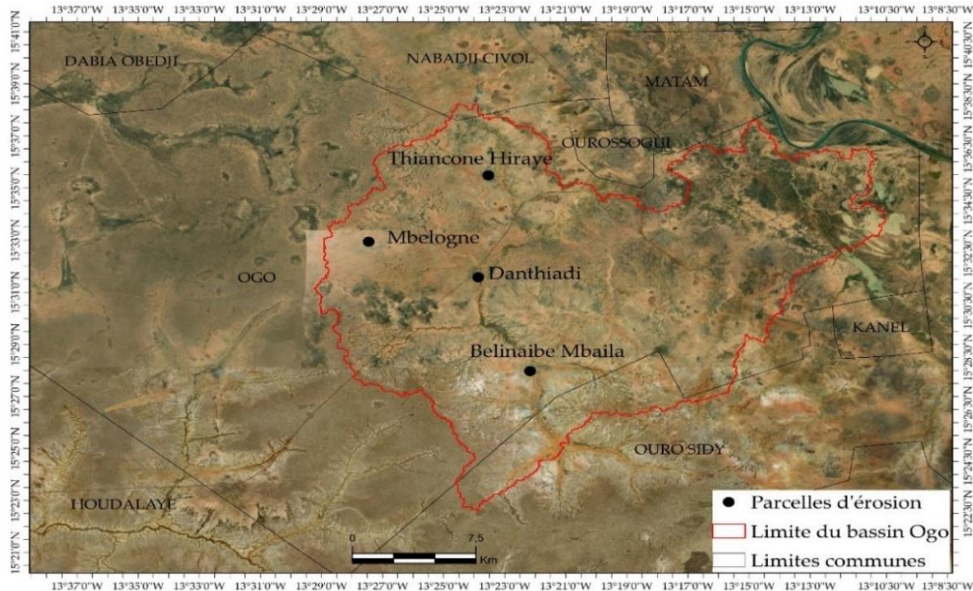


Figure 2. Localisation des parcelles d'expérimentation sur les terres hautes (Dièri)

- La localisation des parcelles sur les sites a été choisie en fonction de :
- la nature du sol et de la végétation (représentativité) ;
 - l'accessibilité du terrain et la possibilité d'implanter des parcelles sur le substrat ;
 - la disponibilité de l'observateur près du site pour le gardiennage et
 - la possibilité d'installer un pluviomètre.

2.1. Détermination des volumes d'eau ruisselés à partir des parcelles d'expérimentation

Les parcelles d'érosion sont isolées par des tôles fichées en terre sur au moins 10 cm pour éviter la résurgence des eaux de subsurface venant de l'extérieur (photo 1). L'eau de ruissellement est transférée dans des fûts, situés en aval via un tuyau PVC. Les fûts sont munis chacune d'une échelle limnométrique, afin de suivre les variations de hauteur d'eau pour calculer les débits.

Photo 1. Matériels utilisés pour les parcelles d'expérimentation



Ce dispositif permet de récupérer les particules en suspension et la charge grossière. Ce qui permet de déterminer le ruissellement, les pertes en fractions fines (matière en suspension) et les pertes en fractions grossières (terre de fond).

Après chaque épisode de ruissellement sur une période de trois ans (2015-2017), les flux d'eau et de matières sont recueillis dans les fûts. La hauteur d'eau dans chaque fût est lue sur une échelle limnimétrique et permet de calculer le volume d'eau ruisselé par la formule :

$$\text{Equation 1 : } V_{rui} \text{ (m}^3\text{)} = \sum_{i=1}^n L_i \times l_i \times h_i$$

Avec V_{rui} désigne le volume ruisselé, L_i et l_i désignent la longueur et la largeur du fût i , et h_i la hauteur d'eau et n le nombre de fût contenant de l'eau ruisselée.

Le coefficient de ruissellement moyen (Kr_{moy}) de chaque parcelle est fourni par la formule :

$$\text{Equation 2 : } Kr_{moy} = \sum_{i=1}^n L_{rui}^i / P_i$$

L_{rui}^i et P_i représentent respectivement la lame d'eau ruisselée en mm et la quantité de pluie exprimée en mm de l'épisode i ; n la fréquence des précipitations ayant généré le ruissellement. La lame ruisselée L_{rui} , exprimée en mm, est le rapport du volume ruisselé à l'exutoire d'une parcelle, exprimé en litres, à la surface de la parcelle, exprimée en m^2 (Mounirou, 2012). Le traitement statistique et graphique des données est réalisé sur *Excel*.

2.2. Détermination des pertes en matière en suspension à partir des parcelles d'érosion

Les matières en suspension sont mesurées après chaque évènement pluviométrique important, sur une période de trois ans (2015-2017). Le contenu du fût est remué afin d'homogénéiser la concentration en sédiment. Deux litres sont prélevés et analysés en laboratoire pour estimer les pertes en terre (photo 2).

Photo 2. Récipients à sédiments



Afin de faire déposer toute la matière en suspension, on ajoute 10 cm^3 de sulfate d'alumine (siphonne-le surnageant). Après les échantillons sont versés dans des béciers de masse connue puis passés à l'étuve à 105°C afin qu'il ne reste que la matière sèche essentiellement composée de sédiments. Ces béciers sont de concentration 50 g.L^{-1} par bidon de 10 litres. On laisse décanter 24 à 48 heures, puis on sèche ensuite, pesés pour enfin d'extraire la masse sèche (sédimentaire) de chaque échantillon. Une fois la concentration en sédiments de chaque échantillon connu, on détermine la moyenne afin d'obtenir la valeur de concentration pour le fût. Cette concentration rapportée au volume écoulé permet d'obtenir la masse sédimentaire érodée (Mounirou, 2012).

- On calcule la concentration en matière en suspension du bidon.

$$\text{Equation 3 : } C = P_{MES} / V_b$$

Avec P_{MES} : Poids de la matière en suspension (MES) floculée et V_b : Volume bidon.

- La matière en suspension totale de la parcelle (MES_{totale}) est calculée par :

$$\text{Equation 4 : } MES_{totale} = C \times (V_b + V_r)$$

V_r : Volume ruisselé

La turbidité reconstituée de l'eau de ruissellement (Tr) est alors :

$$Tr = MES_{totale} / Vr$$

La matière en suspension en $kg \cdot ha^{-1}$ est alors :

$$MES = MES_{totale} / SP$$

SP : Superficie de la Parcelle.

2.3. Détermination des pertes en matière grossière à partir des parcelles d'érosion

Les terres de fond sont collectées en même temps, après avoir soigneusement vidé l'eau pour ne laisser que les macros agrégats. Elles sont pesées. Cela permet de calculer les pertes en terre, après chaque pluie importante sur une période de trois ans (2015-2017). Les pertes unitaires sont connues après chaque averse. La perte annuelle est connue par la somme des pertes unitaires dans l'année. Le poids de terres de fond sèches est obtenu par (Mounirou, 2012) :

$$P_s = V_{eau} \times I + D_{tdf}$$
$$V_{eau} + V_{tdf} = N_s \times 15 \text{ (volume de seau 15 litres)}$$

On en déduit :

$$V_{tdf} = (P_s - N_s \times 15) / (D_{tdf} - 1)$$

D'où

$$\text{Equation 5 : } P_{tdf} = (P_s - N_s \times 15) \times D_{tdf} / (D_{tdf} - 1), \text{ avec :}$$

P_s : Poids des seaux pleins en terres de fonds complétés par de l'eau

N_s : Nombre de seaux pleins (volume 9,3 litres)

V_{tdf} : Volume de terres de fond

V_{eau} : Volume d'eau dans les seaux

D_{tdf} : Densité de la terre de fond

Les terres de fond (TDF) en $kg \cdot ha^{-1}$ sont obtenues par :

$$TDF = P_{tdf} / SP$$

Avec P_{tdf} (poids de terre de fond) et SP (superficie de la parcelle).

Intégrées sur *Excel*, ces données ont subi des traitements statiques pertinents.

2.4. Mesures de la pluviométrie

Des pluviomètres sont installés dans le bassin versant de Ogo, dans le cadre de cette étude. Ainsi, trois pluviomètres à lecture directe, faits de plastique profilé, en un seul morceau et résistants aux intempéries sont installés à Thiankone, Mbélone et Dandiady. Ces pluviomètres sont maintenus par un support en métal chacun, plantés dans le sol. Le capteur du pluviomètre est maintenu à l'horizontale à 1,5 m du sol et le pluviomètre peut aisément être retiré de son promontoire. Le support en métal est enfoncé dans le sol de manière à ce que les pluviomètres soient bien ancrés et que ceux-ci ne bougent pas durant la saison des pluies (photo 3).

Photo 3. Un pluviomètre sur un support métallique à Thiankone Hiraye



Comme tous capteurs météorologiques, l'éloignement par rapport aux obstacles est essentiel. Le pluviomètre est positionné loin des arbres et des bâtiments.

Durant la collecte au niveau des stations de Mbélone, de Danthiady et de Thiankone Hiraye, en plus de la hauteur de chaque pluie, la date de l'événement pluvieux est enregistrée. De ce fait, et grâce à des regroupements en fonction de la position spatiale relative des différents pluviomètres, tous les événements pluvieux relevés peuvent être datés sur une période de trois ans (2015-2017).

La hauteur de pluie est une variable aléatoire commandée par les caractéristiques des systèmes précipitant. Elle est exprimée en millimètre, soit l'équivalent d'un litre d'eau au mètre carré. La quantité de pluie cumulée est mesurée pour connaître la valeur précise des volumes d'eaux précipitées dans chaque site. Les hauteurs de pluie sont relevées systématiquement ; ces données brutes stockées dans un fichier informatique. C'est une donnée climatique fondamentale en matière d'étude de l'érosion et de ruissellement. Plus une pluie est intense, plus sa hauteur est importante et plus le ruissellement est important.

3. Résultats

3.1. Caractérisation du processus de ruissellement

Les résultats de suivi du comportement des processus de ruissellement de la séquence d'observation (2015-2017) dans les parcelles d'expérimentation sont représentés sur les graphiques (Figure 3), montrant l'évolution des hauteurs de pluie et des coefficients de ruissellement sur les

parcelles d'érosion de Danthiady, de Thiankone Hiraye et de Mbélone de 2015 à 2017.

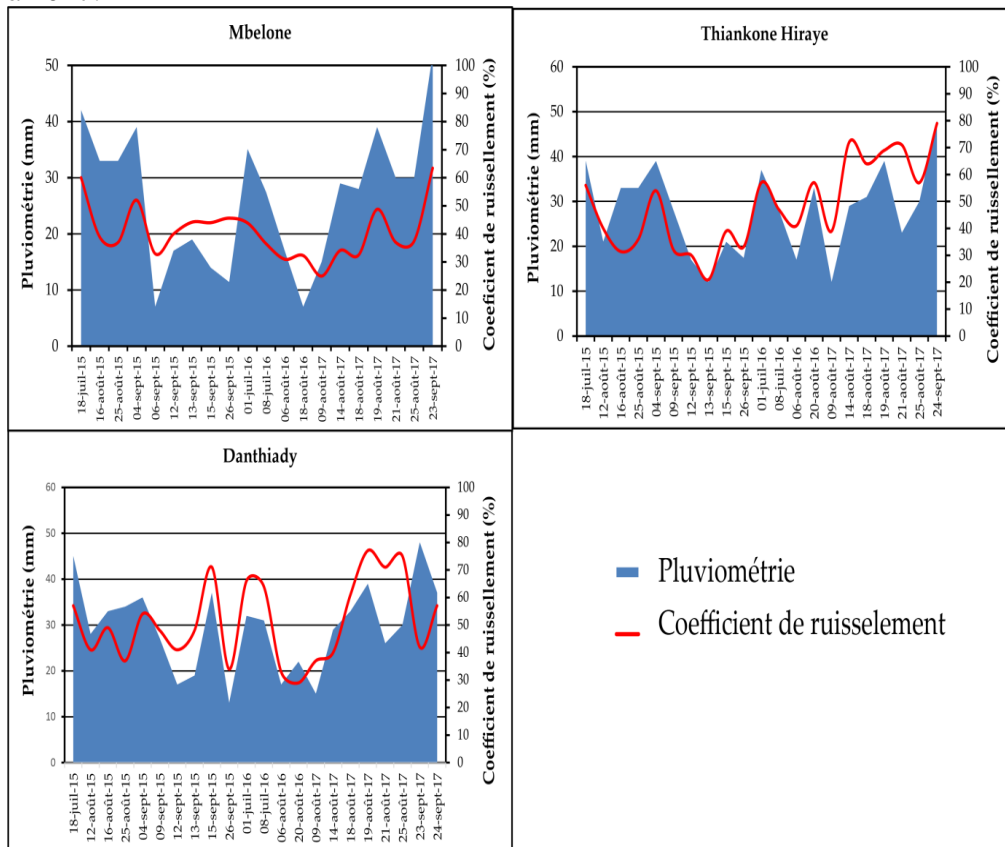


Figure 3. Hauteurs des pluies et des coefficients de ruissellement 2015-2017
 (Source : Mesures in situ de terrain (2015-2017))

La figure 3 montre la production du ruissellement instantané sur les parcelles d'expérimentations de Danthiady, de Thiankone Hiraye et de Mbélone après une manifestation pluviométrique.

En 2015, neuf pluies sont enregistrées (le 18-juillet ; le 12-aout ; le 16-aout ; le 25-aout ; le 04-sept ; le 09-sept ; le 13-sept ; le 15-sept ; et le 26-sept), avec respectivement (38 mm ; 19 mm ; 30 mm ; 28 mm ; 44 mm ; 22 mm ; 20 mm ; 25 mm et 14 mm) qui ont produit le ruissellement.

L'année 2016, cinq pluies sont notées (le 01-juil ; le 08-juil ; le 06-aout ; le 18-aout et le 20-aout), avec une pluviosité moyenne de 23 mm ayant généré le ruissellement.

Durant l'année 2017, le bassin versant de Ogo a commencé à enregistrer un écoulement au mois d'aout : le 09 (11 mm) ; le 14 (26 mm) ; le 18 (29 mm) ; le 19 (38 mm) ; le 21 (14 mm) ; le 25 (23 mm) et le 26 (12 mm). Au mois de septembre 2017, quelque 45 mm ont été recueillis, et 30 mm le 23

et le 24 qui ont provoqué de forts taux de ruissellement. En trois ans d'observation (2015-2017), le bassin versant de Ogo a connu en moyenne sept (7) événements pluvieux entraînant une réponse hydrologique. Les pluies supérieures ou égales à 11 mm ont produit du ruissellement, durant la phase de suivi.

L'évolution du coefficient de ruissellement au cours de la saison des pluies est une variable aléatoire conditionnée par l'évolution de la pluviométrie. Il faut noter, dans certains cas, le rôle important, du paramètre "humidité du sol" dans l'accélération du ruissellement, entre autres paramètres (force de frottement, ensoleillement, pente, nature du substrat et cohésion des particules).

Des averses successives séparées par un à trois jours sont observées. Exemple, les pluies observées en septembre 2015 à Mbélone où trois ont été recensées en 10 jours (le 04, le 09 et le 13 septembre) et pendant lesquelles les hauteurs de pluie de 39 mm (04 sept) et 32 mm (13 sept) ont produit respectivement des coefficients de ruissellement de 0,75 et 0,77, soit 75 % et 77 % de ruissellement. Plus l'écart entre deux pluies est court, plus l'humidité relative du sol est importante et le sol sature rapidement. Dans les parcelles d'observation, les premières pluies ont été effectivement ruisselantes avec des coefficients de ruissellement qui atteignent près de 0,6, soit 60 % surtout à Mbélone en 2015.

Les valeurs du coefficient de ruissellement obtenues dans les parcelles sont fortes sur les trois ans d'expérimentation. Dans tous les trois sites, ces valeurs varient entre 0,8 et 0,25, soient 80% et 25 %. D'une manière générale, le coefficient de ruissellement mesuré sur les parcelles d'érosion cache certaines contradictions relatives à la méthode de calcul.

L'évolution symétrique (augmentation ou diminution) des courbes des hauteurs des pluies et de celles des coefficients de ruissellement n'est pas du tout une situation évidente et prévisible. La figure 4 met en évidence la régression entre la pluviométrie et les coefficients de ruissellement calculés à partir des données des volumes ruisselés instantanés sur les parcelles d'expérimentations de Danthiady, de Thiankone Hiraye et de Hombo de 2015 à 2017.

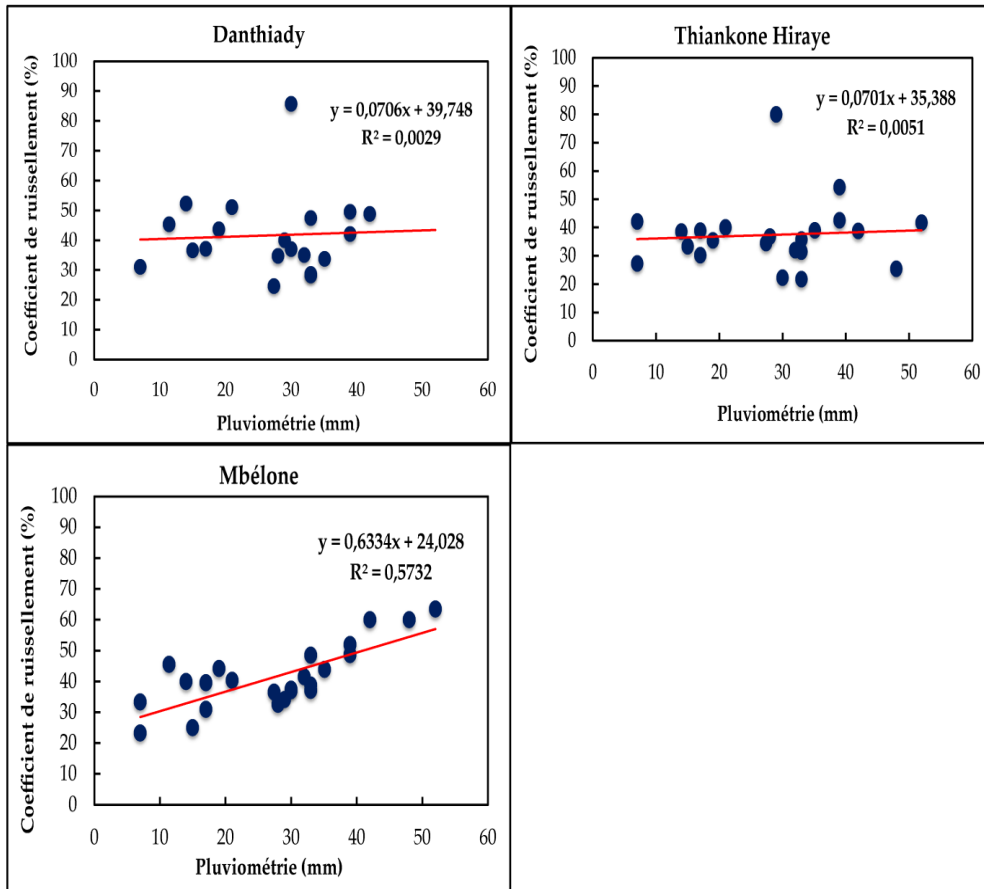


Figure 4. Régression pluies et coefficients de ruissellement

Il apparait une faible concordance symétrique entre l'évolution des hauteurs de pluies et ceux des coefficients de ruissellement (R^2 tend vers zéro)². Dans certains cas, les taux de ruissellement élevés ne sont pas systématiquement produits par les pluies maximales. La hauteur de pluie prise isolément ne peut expliquer les forts coefficients de ruissellements observés à l'échelle du bassin versant de Ogo.

Ces forts coefficients de ruissellement obtenus dans le bassin versant de Ogo peuvent être liés aux caractéristiques structurales, granulométriques des terres, du niveau de leur couverture végétale et des pratiques agropastorales dans le bassin versant de Ogo. Les eaux de ruissellement emportent avec elles beaucoup de quantités de terre.

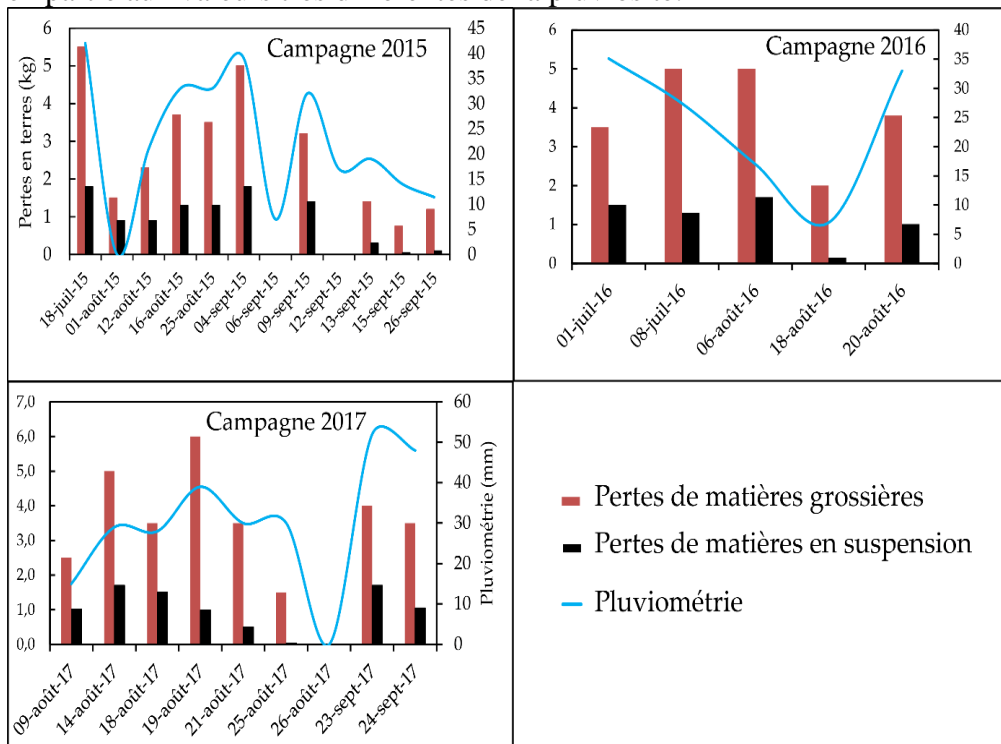
²Si R^2 tend vers zéro, cela traduit une faible corrélation et s'il tend vers 1, il traduit une parfaite corrélation.

3.2. Pertes élémentaires de matière grossière et en suspension sur les parcelles d'expérimentation

Les mesures d'érosion sont réalisées grâce aux parcelles d'expérimentation installées dans certains sites du bassin versant de Ogo. Les pertes de matière grossière et en suspension représentées dans les graphiques ci-dessous sont calculées sur la base de concentrations obtenues après traitement des échantillons prélevés dans les réservoirs de collecte des eaux de ruissellement. Les figures 5 ; 6 et 7 révèlent la répartition de l'érosion unitaire entre matériaux en suspension et grossiers sur parcelles d'érosion sur les sites de Danthiady, de Thiankone Hirahe et de Mbélone entre 2015 et 2017.

3.2.1. Sur le site de Danthiady

Les valeurs obtenues d'une année à l'autre sont variables. Cela est dû en partie aux valeurs très différentes de la pluviosité.



En 2015, la parcelle de Danthiady a enregistré dix (10) pluies érosives, le 18 juillet (42 mm), le 12 (21 mm), 16 (33 mm), 25 août (33 mm) et le 04 (39 mm), 09 (32 mm), 12 (17 mm), 13 (19 mm), 15 (14 mm), 26 septembre (11.4 mm), avec respectivement des pertes en matières grossières par hectare de (5,5 kg ; 1,5 kg ; 2,3 kg ; 3,7 kg ; 3,5 kg ; 5 kg ; 3,2 kg ; 1,4 kg ; 0,75 kg ;

1,2 kg), et accompagnées successivement de (1,8 kg ; 0,9 kg ; 0,9 kg ; 1,3 kg ; 1,3 kg ; 1,8 kg ; 1,4 kg ; 0,3 kg ; 0,05 kg ; 0,1 kg) de matière en suspension. L'année suivante (2016), uniquement les pluies du 01, 08 juillet et 06, 18 et 20 août ont produit des érosions en matières en suspension (respectivement 1,5 kg ; 1,3 kg ; 1,7 kg ; 0,15 ; 1,01 kg) et (3,5 kg ; 3 kg ; 2 kg ; 2 kg ; 3,8 kg) en matières grossières.

Durant l'année 2017, sur le même site les pertes en matières grossières de 2,5 ; 5 ; 3,5 ; 6 ; 3,5 ; 1,5 ; 4 ; 3,5 kg et en matières en suspension de 1,02 ; 1,7 ; 1,55 ; 0,99 ; 0,5 ; 0,04 ; 1,7 ; 1,05 kg sont causées l'une après l'autre par les pluies du 09 (15 mm) ; 14 (29 mm) ; 18 (28 mm) ; 19 (39 mm) ; 21 (30 mm) ; 25 août (30 mm) et 23 (48 mm) ; 24 septembre (52 mm).

3.2.2. Sur le site de Thiankone Hiraye

Sur la parcelle de Thiankone Hiraye, les valeurs de mesure obtenues se répartissent comme suit durant le temps de suivi et de collecte.

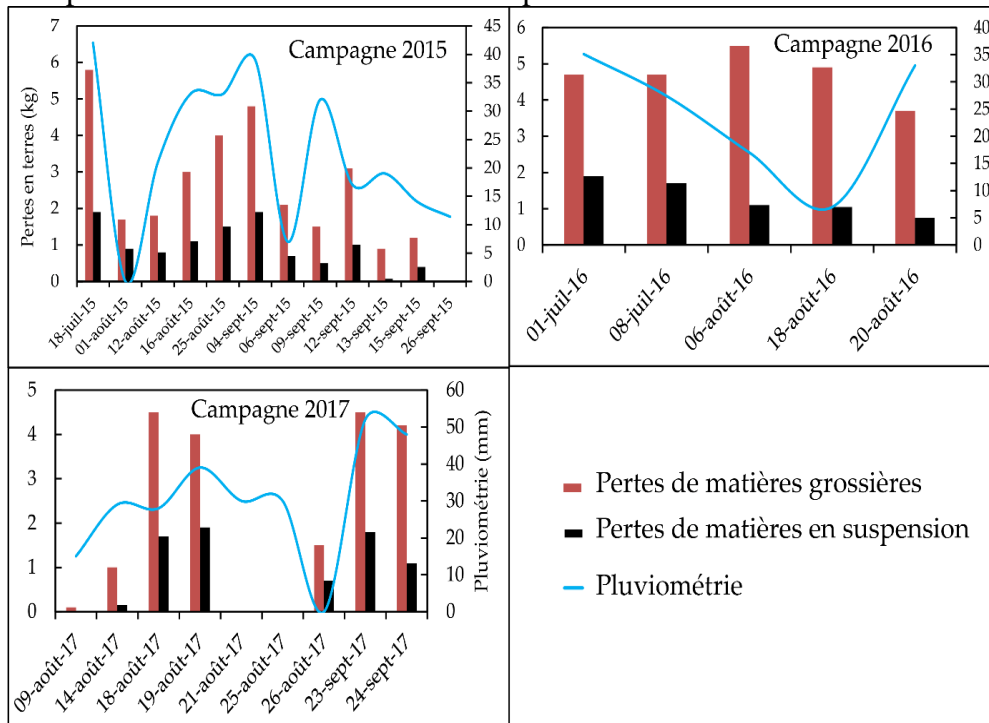


Figure 6. Répartition de l'érosion unitaire entre matériaux en suspension et grossiers
 (Source : Mesures in situ de terrain 2015-2017)

En 2015, les pluies du 18 juillet (39 mm), du 12 (21 mm), 16 (33 mm), 25 août (33mm) et du 04 (39 mm), 09 (28 mm), 12 (17 mm), 13 (12 mm), 15 (21 mm) et 26 septembre (17,4 mm) ont occasionné des pertes de terre. La matière grossière entraînée par ces pluies s'élève, successivement 5,8 ; 1,7 ;

1,8 ; 3 ; 4 ; 4,8 ; 2,1 ; 1,5 ; 3,1 ; 0,9 ; 1,2 ; 1,02 kg et la matière en suspension 1,9 ; 0,9 ; 0,8 ; 1,1 ; 1,5 ; 1,9 ; 0,7 ; 0,5 ; 1 ; 0,07 ; 0,40 ; 0,9 kg.

En 2016, les résultats obtenus sont entre autres 4,7 ; 4,7 ; 5,5 ; 4,9 ; 3,7 kg pour les matières grossières et 1,9 ; 1,7 ; 1,1 ; 1,05 ; 0,75 kg de matière en suspension. Ces quantités de particules érodées sont entraînées respectivement par les pluies du 01 juillet (37 mm), 08 juillet (28 mm) et du 06 (23 mm), 18 (17 mm) et du 20 août (33 mm).

L'année 2017 a connu 07 (sept) pluies érosives qui ont occasionné des pertes de terre. Au mois d'août, les pluies du 09 (12 mm), 14 (29 mm), 18 (31 mm), 19 (39 mm), 21 (23 mm), et du 25 (30 mm) ont causé l'une après l'autre 0,1 ; 1,09 ; 4,5 ; 4 ; 2,9 ; 1,5 ; 4,5 ; 4,5 kg de matière grossière et 0,01 ; 0,15 ; 1,7 ; 1,9 ; 0,8 ; 0,7 ; 1,8 ; 1,09 kg de particules en suspension. La dernière pluie (12 mm) du 24 septembre a provoqué une perte de 4,2 kg en matière grossière et 1,09 kg en matière en suspension.

3.2.3. Sur le site de Mbélone

Sur ce site les valeurs de mesure obtenues se répartissent comme ainsi.

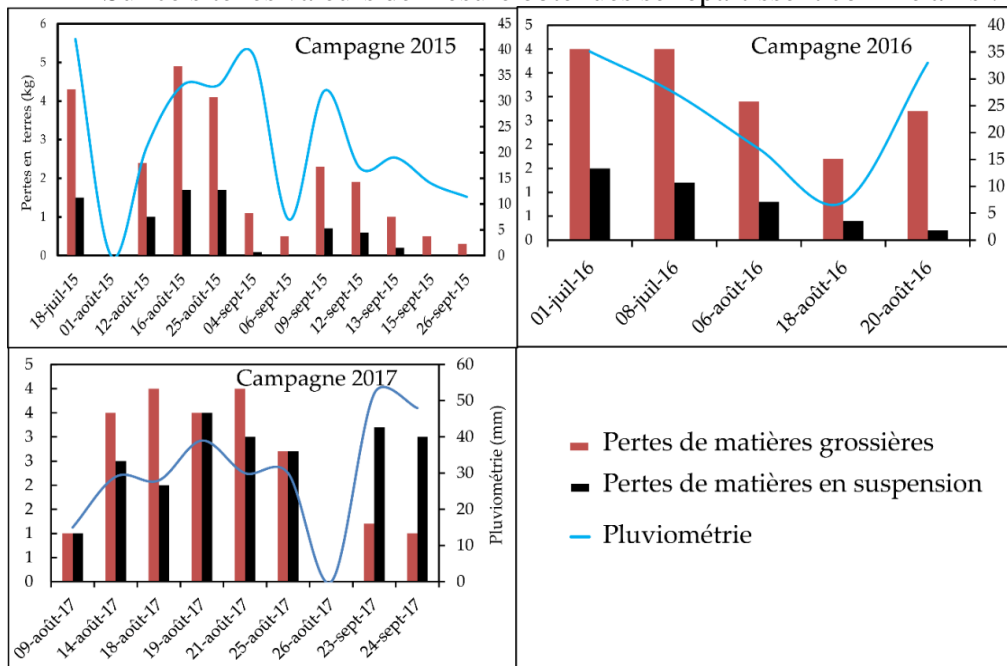


Figure 7. Répartition de l'érosion unitaire entre matériaux en suspension et grossiers
 (Source : Mesures in situ de terrain 2015-2017)

En 2015, les pertes de matière en suspension en kg de 1,5 ; 1 ; 1,7 ; 1,7 ; 0,09 ; 0,01 ; 0,7 ; 0,6 ; 0,2 ; 0,009 ; 0,004 et de matière grossière en kg (4,3 ; 2,4 ; 4,9 ; 4,1 ; 1,1 ; 0,5 ; 2,3 ; 1,9 ; 1 ; 0,5 ; 0,3) sont emportées par les pluies successives du 18 juillet (42 mm), du 15 (33 mm), 25 août (33 mm) et

du 4 (39 mm), 6 (7 mm), 12 (17 mm), 13 (19 mm), 15 (14 mm), 26 septembre (11,4 mm). L'année 2016 est marquée par quatre événements pluviométriques importants enregistrés le 01, le 08 juillet et le 06, 18 août avec respectivement 35,1 mm ; 27,4 mm ; 17 mm et 7 mm. Ces pluies ont provoqué entre autres 4, 4 ; 2,9 ; 1,7 kg de matière grossière et 1,5 ; 1,2 ; 0,8 ; 0,40 kg de matière en suspension. En 2017, les pertes de terre dues aux pluies du 09, 14, 18, 21, 25 août et 25 septembre s'élèvent respectivement à 0,1 ; 1,3 ; 1,5 ; 1,4 ; 1,1 ; 1 ; 0,90 ; 0,8 kg de matière en suspension et 1 ; 2,5 ; 2 ; 3,5 ; 3 ; 2,7 ; 3,2 ; 3 kg.

3.2.4. Les pertes en terres annuelles liées à l'érosion hydrique

Ces pertes considérées à l'échelle annuelle et généralisée à l'hectare sont importantes. Les pertes totales de terre sont estimées en kg par hectare et par année dans les sites de Danthiady, Thiankone Hiraye et Mbélone (fig. 8).

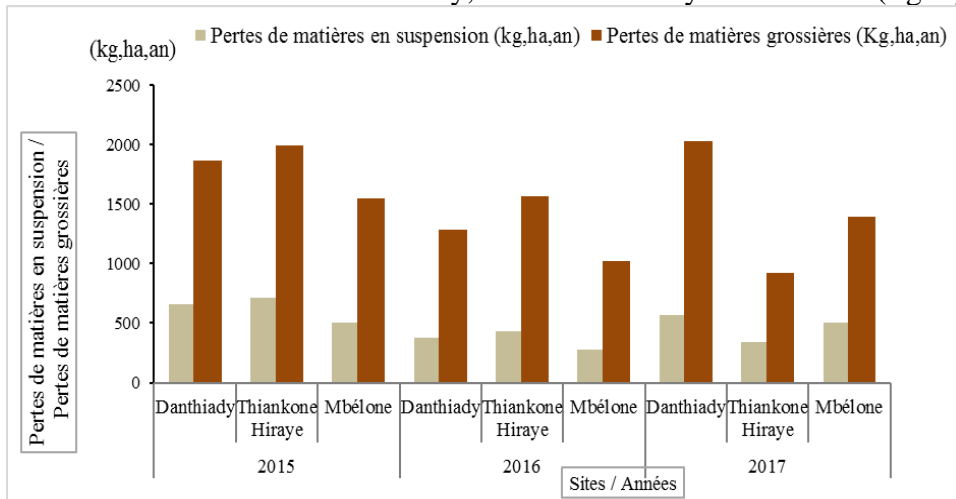


Figure 8. Pertes en matière grossière et fine dans les sites échantillons
 (Source : données de mesure de terrain)

À Danthiady, les pertes de matière en suspension s'élèvent à 656,67 kg/ha/an et 18700 kg/ha/an en 2015. Alors que, les pertes sont de 718 kg/ha/an pour la matière en suspension et 19933,3 kg/ha/an de matière grossière à Thiankone Hiraye. Au cours de cette année aussi, les pertes représentent 502 kg/ha/an pour la matière en suspension et 15533,3 kg/ha/an de matière grossière.

En 2016, les pertes de matières en suspension et grossières indiquent de part et d'autre des valeurs de (377 kg/ha/an ; 12866,6 kg/ha/an), (433 kg/ha/an ; 15660 kg/ha/an), (273 kg/ha/an ; 10200 kg/ha/an), respectivement à Danthiady, Thiankone Hiraye et à Mbélone.

Durant la dernière année, la matière grossière érodée et les particules en suspension emportées se chiffrent respectivement à 566,66 kg/ha/an et 20333,3 kg/ha/an sur le site de Danthiady. Les valeurs correspondent entre

autres à 336,66 kg/ha/an et 9206,6 kg/ha/an à Thiankone Hiraye. Mbélone a connu des pertes de 506,66 kg/ha/an de matière en suspension et 13933,3 kg à l'hectare en matière grossière. Ces pertes en terre considérées par an et par hectares sont importantes (Fig. 9).

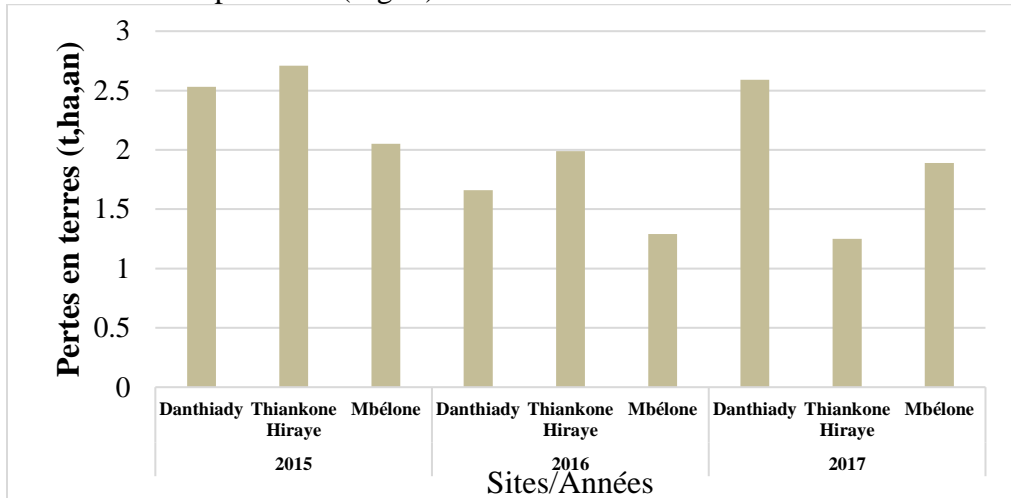


Figure 9. Pertes totales de terre en kg par hectare et par année dans les sites échantillons
(Source : données de mesure de terrain)

En moyenne, en 2015 les pertes de terres dans le bassin versant de Ogo sont estimées à 18,7 tonnes par hectare. Tandis qu'en 2016 les pertes de terre sont de 13,26 t/ha, c'est l'année qui a enregistré le moins d'évènements pluviométriques durant notre période d'expérimentation. Durant la dernière année, les évènements pluviométriques ont entraîné plus de 14,95 t/ha de pertes en terre. Ces pertes de terre importantes sont liées à la sensibilité des terres agricoles et à la faible couverture végétale dans le bassin versant.

4. Discussion

L'étude de la dynamique actuelle de l'érosion pluviale dans le bassin versant de Ogo est faite à travers la caractérisation du comportement du ruissellement et par des mesures des pertes induites par la pluie. Dans le bassin versant de Ogo, les averses sont agressives (brutales) et ont des impacts directs sur les terres agricoles durant la saison des pluies.

Michel (1973), à travers des études menées au niveau de certaines stations de l'Afrique occidentale souligne que les intensités moyennes mensuelles des précipitations sont assez élevées au Sahel. Cette partie de l'Afrique connaît des épisodes pluviométriques instables qui affectent les états de surface des terres puisqu'ils sont particulièrement intenses (pouvant aller jusqu'à 50 mm/h ; Lebel et *al.*, 1995). Casenave et Valentin (1989) qualifient la quasi-totalité des précipitations dans le Sahel de « pluies tornades » avec :

- Une première période de quelques minutes, pendant lesquelles l'intensité des pluies moyenne est (20 à 30 mm /heure) ;
- Un corps de la tornade à forte ou très forte intensité moyenne (40 à 100 mm/h). La durée de cette période est courte : 5 à 20 minutes, avec une intensité paroxysmale de 150-200 mm/h pendant 5 ou 10 min ;
- Une phase ultime, ou traîne, de durée variable (entre ½ heures et deux heures), à pluie de faible intensité (10 à 15mm/h).

La chute des gouttes d'eau sur le sol généralement nu entraîne une destruction de la structure du sol Cosandey et Robinson (2000). Il s'y ajoute que la saison des pluies débute tardivement et commence avec de très fortes précipitations qui entraînent beaucoup plus de dégâts, car la végétation saisonnière est presque incapable de protéger ni de stabiliser les parties superficielles des terres. Le rôle de la végétation est considérable dans le processus d'érosion des terres (Roose, 1981). L'intensité est le paramètre principal qui lie la pluie à l'érosion. Elle intervient à deux niveaux : la saturation momentanée de la porosité du sol, et l'énergie cinétique que la pluie dissipe en détruisant la structure de la surface du sol (battance). La couverture végétale influence singulièrement le ruissellement de surface. Elle retient selon sa densité et l'importance de la pluviométrie une proportion variable de l'eau de pluie. Cette eau d'interception est en partie soustraite des eaux de ruissellement. La couverture du sol par les végétaux retarde l'apparition de la croûte de battance dans la mesure où en interceptant les gouttes de pluie, elle réduit leur énergie cinétique (E_c) et par conséquent leur pouvoir érosif sur les terres agricoles du bassin versant de Ogo. En effet, le ruissellement ne peut se manifester que lorsque le débit de la pluie dépasse les possibilités d'absorption par les pores du sol. Mais au cours d'une pluie, l'énergie développée dégrade la surface du sol et le seuil s'abaisse à mesure que la pluie se prolonge (Rosse, 1977).

L'érosion et le ruissellement sont des phénomènes très répandus dans le monde et surtout ils prennent des proportions importantes à cause de l'état actuel des terres. Les mesures sur les parcelles d'érosion entre 2015 et 2017 ont montré une forte variabilité des taux de ruissellement et d'érosion entre les sites observés. Cette variabilité est liée à la pluviométrie et au type de sol. Les coefficients de ruissellement varient entre 0,8 et 0,25 sur les sites d'observation (Thiankone Hiraye, Mbélone et Danthiady). L'érosion sur les parcelles est estimée à 18,7 tonnes par hectares en 2015, 13,4 t/ha en 2016 et 14,95 t/ha de pertes en terre en 2017. Des mesures d'érosion à partir des stations de mire sont réalisées dans un second temps du travail. Sur trois ans (2015-2017), les résultats révèlent de fortes érosions avec des ablations qui varient entre 1 et 4,5 cm, soient entre 16 t/ha/ha et 21 t/ha/an selon les secteurs d'observation.

Les pertes en terre sont généralement liées aux pluies agressives, à la couverture végétale presque inexistante et aux états de surface du sol défavorables (Riou, 1990). Les états de surface significatifs évoluent très rapidement, entraînant la formation des croûtes superficielles qui joue un rôle primordial dans le déclenchement du ruissellement et de l'érosion (Casenave et Valentin, 1989). Dans les zones sahéliennes, l'érosion par les ravines est, la principale source de dégradation des terres qui se traduit par d'importantes charges en sédiments et en nutriments dans les eaux ruisselantes (Valentin *et al.*, 2005, cité par Touré, 2011).

La quantification de l'érosion hydrique est problématique et dépend des échelles d'espace et de temps d'appréciation. Elle peut être mesurée directement sur le terrain ou évaluer suivant les analyses des sols ou des modèles empiriques ou physiques qui intègrent toutes les variables contrôlant l'érosion hydrique.

Les Mesures par parcelles sous pluies naturelles sont des approches expérimentales à petite échelle (parcellaire) de 1 à 200 m² sous pluies naturelles en tant que moyen privilégiant la quantification de l'érosion hydrique. Elles sont utiles pour connaître l'influence et pour identifier les différents facteurs intervenant dans l'ensemble du processus érosif. Les études de références dans l'utilisation de cet outil sont celles de Wischmeier et Smith (1958), Gabert (1964), Clauzon et Vaudour (1971), Wischmeier et Smith (1978), Roose (1981), Descroix (1989), Arabi et Roose (1989), Lecompte *et al.*, (1996), Rishirumuhirwa (1997), Barthès B., Roose E. (2002) et de Wischmeier et Smith (1960) avec les célèbres parcelles de type Wischmeier. Selon ces auteurs, les différents facteurs influençant le ruissellement et l'érosion sont la lithologie, la topographie, le couvert végétal, le type de sol et les pratiques humaines.

La parcelle d'érosion est un objet naturel, isolé dans l'espace par des limites arbitraires, formant des surfaces pseudo-rectangulaires fermées, débouchant à l'aval sur des fûts pour le stockage de l'eau et des sédiments. Ce dispositif permet de quantifier ruissellement et érosion à partir de sa genèse et sur une distance déterminée correspondant à la longueur de la parcelle. Il ne donne qu'une image locale du fonctionnement effectif du milieu et les résultats obtenus sont symboliques, l'ensemble du terrain d'étude n'est pas couvert. Cependant, il est un outil important pour affronter deux situations de même catégorie de grandeur et pour savoir l'évolution de l'infiltration et les risques de ruissellement et d'érosion. Mabit *et al.*, (2002) a remarqué que ces expérimentations permettent d'étudier les relations entre les pertes en terre et les caractéristiques du milieu (sol, pente, végétation et pratiques culturales). Les mesures dépendent des conditions météorologiques, leur représentativité est liée aux variabilités climatiques interannuelles et doit se porter sur plusieurs années.

Conclusion

La dégradation des terres agricoles liée à l'érosion hydrique demeure un problème majeur pour le développement agropastoral dans cette région. L'endiguement de l'érosion hydrique et la régénération des terres agricoles déjà dégradées sont devenus une préoccupation majeure pour les populations locales. On sent de plus en plus combien la question environnementale est devenue un enjeu fondamental quant à l'avenir des écosystèmes ruraux en proie à l'érosion hydrique. La préservation et la restauration des terres contribuent à la réduction de la vulnérabilité des populations et à l'accroissement de la résilience des systèmes agropastoraux. Le défi alimentaire porte en son sein un défi sécuritaire. Cela montre à quel point il est important dans le cadre de la lutte anti-érosion de porter un effort tout particulier sur cette partie du Sénégal (Moyenne Vallée du Fleuve Sénégal). Des techniques de maîtrise du ruissellement des eaux de surface et la lutte contre l'érosion s'imposent.

References:

1. Barthès B., Roose E. (2001). *La stabilité de l'agrégation, un indicateur de la sensibilité des sols au ruissellement et à l'érosion : validation à plusieurs échelles*, Cahiers d'études et de recherches francophones / Agricultures, Volume 10, Numéro 3, 185-93.
2. Casenave, A., Valentin, C. (1989). *Les états de surface de la zone sahélienne : Influence sur l'infiltration*, Editions de l'ORSTOM, Paris, 229 p.
3. Clauzon, G., & Vaudour, J. (1971). « Ruissellement, transports solides et transports en solution sur un versant aux environs d'Aix-en-Provence », *Revue de géographie Physique et de Géologie Dynamique*, 13(5), 489-504.
4. Cosandey C. et Robinson M. (2000). *Hydrologie continentale*, Paris, Armand Collin, 360 p.
5. Descroix, L. (1989). « La mesure de l'érosion actuelle dans les terres noires des Préalpes du Sud : recherches sur petites parcelles expérimentales », *Bulletin du laboratoire rhodanien de géomorphologie*, (23-24), 11-26.
6. Gabert, P. (1964). « Premiers résultats des mesures d'érosion sur les parcelles expérimentales dans la région d'Aix-en-Provence », *Méditerranée*, 5(2), 169-182.
7. Girard, M.-C., Walter, C., Remy, J.-C., Berthelin, J. et Morel, J.-L. (2005). *Sols et environnement*. Paris, DUNOD, 816 p.
8. Lebel T., Taupin J-D., Gréard M. (1995). Rainfall monitoring : the EPSAT-Niger setup and its use for Hapex-Sahel. In : Lebel Thierry (ed.). *Hydrologie et météorologie de méso-échelle dans HAPEX-Sahel*

- : *dispositif de mesures au sol et premiers résultats*. Paris : ORSTOM, p. 31-68.
9. Lecompte, M., Lhénauff, R., & Marre, A. (1996). « Bilan de six années de mesures sur l'ablation dans des roubines des Baronnies méridionales (Préalpes Françaises du Sud) /An assessment of denudation after six years of measurements in the badlands of the southern Baronnies (southern French Alps) », *Revue de géographie alpine*, 84(2), 11-16.
 10. Mabit, L., Bélanger, M. C., Laverdière, M. R., Bernard, C., & Duchemin, M. (2002). « Étude de la sélectivité de l'érosion hydrique en prévision de l'amélioration de sa modélisation à des fins d'évaluation agroenvironnementale », *PRODUCTION VÉGÉTALE*, 4.
 11. Michel P. (1973). *Les bassins du fleuve Sénégal et de la Gambie. Etude géomorphologique*, Thèse d'Etat, 752p.
 12. Mounirou, L., A. (2012). *Etude du ruissellement et de l'érosion à différentes échelles spatiales sur le bassin versant de Tougou en zone sahélienne du Burkina Faso : Quantification et transposition des données*, Thèse de doctorat unique, Université Montpellier II, 249p.
 13. Poesen, J., & Govers, G. (1994). Bodemerosie in Midden-België: Een stand van zaken. *Onze Alma Mater*, 48 (3), 251-267.
 14. Riou, G. (1990). *L'eau et les sols dans les géo systèmes tropicaux*, Paris, Masson collection géographie, 221p.
 15. Rishirumuhirwa, T. (1997). *Rôle du bananier dans le fonctionnement des exploitations agricoles des hauts plateaux d'Afrique de l'est : application au cas de la région du Kirimiro-Burundi* [The role of banana in the functioning of farms on the high plateaux in East Africa: application to the case of the Kirimiro region of Burundi].
 16. Roose, E. (1981). *Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale : étude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées*, Paris ORSTOM, travaux et documents n°130, 569p.
 17. Roose E. (1977). *Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : vingt années de mesure en petites parcelles expérimentales*, Travaux et documents de l'ORSTOM, n°78, 108p.
 18. Toure A.A. (2011). *Érosion en milieu sableux cultivé au Niger : dynamique actuelle et récente en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques*, Thèse de doctorat, Université De Bourgogne, 224p.
 19. White, W.R. (1986). *Problème d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins versant, Projet 5.3 du programme hydrologique international*, 155p.

20. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1958). "Rainfall energy and its relationship to soil loss" *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 39(2), 285-291.